

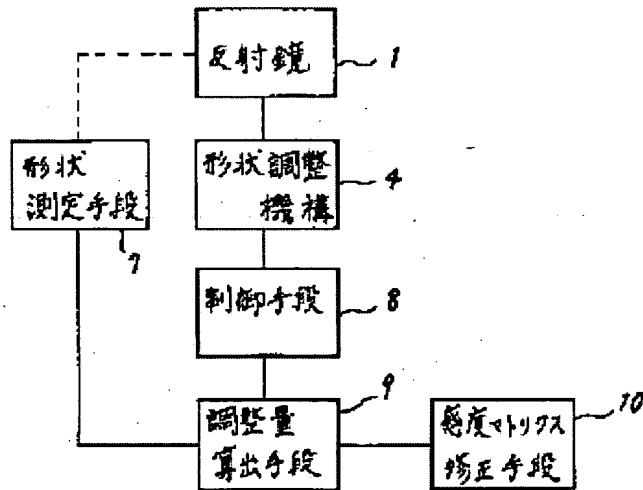
## METHOD FOR ADJUSTING SHAPE OF REFLECTING MIRROR

**Patent number:** JP5127067  
**Publication date:** 1993-05-25  
**Inventor:** TABATA MASATAKE  
**Applicant:** MITSUBISHI ELECTRIC CORP  
**Classification:**  
 - **International:** G02B7/198  
 - **European:**  
**Application number:** JP19910286286 19911031  
**Priority number(s):**

### Abstract of JP5127067

**PURPOSE:** To limit the frequency of adjustment by correcting the value of a matrix according to the result obtained by measuring the relation between the adjustment quantity of the actual movement of a shape adjusting mechanism and the actual variation quantity of a mirror surface shape.

**CONSTITUTION:** A shape measuring means 7 measures the current actual shape of a reflecting mirror surface 1. An adjustment quantity calculating means 9 compares the measured value with an ideal shape to find a mirror surface error vector. Then it is decided whether or not the calculated mirror surface error is within a permissible range. When it is decided that the calculated value is within the range, adjusting operation is performed. When out of the range, adjusting operation is performed successively. Namely, the adjustment is advanced repeatedly while the value of the sensitivity matrix showing the relation between the variation quantity of the mirror surface shape of the reflecting mirror 1 and the adjustment quantity of the adjusting mechanism is corrected so that the value matches the variation quantity of the mirror surface shape of the reflecting mirror 1 which is measured by the shape measuring means 7 and the result of the actual adjustment of the shape adjusting mechanism 4.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-127067

(43)公開日 平成5年(1993)5月25日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
G 0 2 B 7/198

識別記号  
G 0 2 B 7/198

府内整理番号  
6920-2K

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 7/18

B

審査請求 未請求 請求項の数1(全7頁)

(21)出願番号

特願平3-286286

(22)出願日

平成3年(1991)10月31日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 田畠 真毅

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機  
株式会社中央研究所内

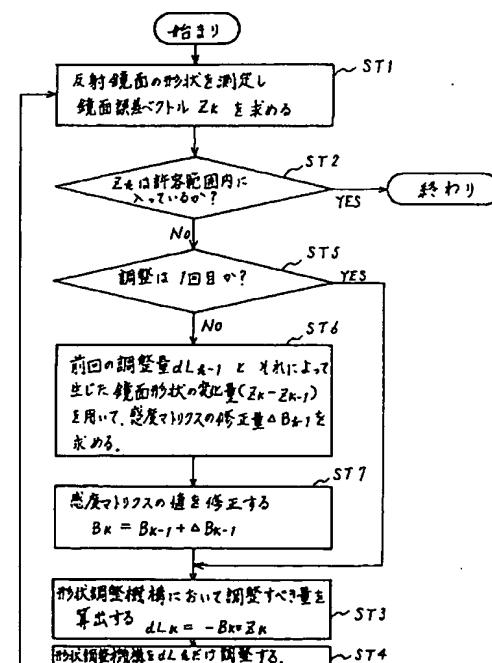
(74)代理人 弁理士 高田 守 (外1名)

(54)【発明の名称】 反射鏡の形状調整方法

(57)【要約】

【目的】 あらかじめ求められているマトリクスの値に誤差がある場合でも修正でき、所望の鏡面精度を達成するまでに要する調整回数を削減できる反射鏡の形状調整方法を得る。

【構成】 繰り返し調整過程の途中において、調整機構を動かした量と、それに応じて実際に鏡面形状の変化した量の計測値を用いて、マトリクスを修正することにより、マトリクスの誤差を減少させ、このマトリクスに基いて次回の調整量を算出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反射鏡の鏡面形状を調節する複数の形状調整機構、及び上記鏡面形状の変化量を測定する形状測定手段を備え、上記形状調整機構の調整量と上記鏡面形状の変化量との関係を表わすマトリクスの値に応じて上記鏡面形状を調整するものにおいて、上記形状調整機構を実際に動かした調整量と上記形状測定手段で計測した上記鏡面形状の変化量に基いて上記マトリクスの値を修正しながら、繰り返し上記鏡面形状を調節するようにしたことを特徴とする反射鏡の形状調整方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、例えば電波望遠鏡や大型通信アンテナ、天体望遠鏡などの反射鏡の鏡面形状を調整する方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】図3は従来の反射鏡の形状調整方法の工程を示すフローチャート、図4は反射鏡を有するアンテナを示す上面図、図5は図4のV-V線断面図を示す。図において、1は金属メッシュにより形成される反射鏡の面、2はリブ、3は反射鏡面1に取付けられ、それ自身の長さを増減することにより反射鏡面1の形状を変化させるための調整ケーブル、4は調整ケーブル3の長さを増減させるためにくみこまれた形状調整機構、5は調整ケーブル3の反射鏡面1と反対側の端部を拘束するための背部材、6は反射鏡面1で反射された電波を受信機(図示せず)方向へ導くための副反射鏡である。

【0003】 次に、図3のフローチャートを用いて動作  $d L_k = -B_k * Z_k$ 

【0008】式1の計算結果に従って、ステップST4において、調整機構を  $d L_k$  だけ調整する。そして再びステップST1に戻り、 $k + 1$ 回目の鏡面測定を行う。この手順を、鏡面誤差ベクトルZが許容範囲内に入るまで繰り返す。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来の反射鏡の形状調整方法では、あらかじめ用意されステップST3で用いられる感度マトリクスBの値に誤差があった場合には、算出される形状調整機構の調整量の値  $d L_k$  が適切でなくなり、上記手順をいくら繰り返しても鏡面誤差ベクトルZが許容値以下にならなかったり、許容値以下に達するまでに極めて多くの繰り返し回数が必要となり、調整に要する時間や手間が膨大になるという問題点があった。

【0010】この発明は、かかる問題点を解決するためになされたもので、あらかじめ求められていたマトリクスの値に誤差があっても、少ない繰り返し回数の鏡面調整及び測定によって、鏡面誤差を速やかに許容範囲内におさめることのできる反射鏡の形状調整方法を提供することを目的とする。

を説明する。この動作手順は雑誌 (W. K. Belvin, et al., "Quasistatic Shape Adjustment of a 15-Meter-Diameter Space Antenna," AIAA Journal of Spacecraft, VOL. 26, No. 3, 第129頁~136頁, 1989年) に記載されているものと実質的に同一である。

【0004】反射鏡面1が設計上の理想形状からずれている場合、即ち鏡面誤差を有していることが判明した場合に、調整機構4で調整ケーブル3の長さを調整することによって鏡面誤差を矯正しなければならない。

【0005】まず、ステップST1にて、反射鏡面1の現在の実際の形状を測定し、理想形状と比較して鏡面誤差ベクトル  $Z_k$  を求める。ここで添字  $k$  は  $k$  回目の鏡面測定によって得られたものであることを示す。ステップST2において、算出された鏡面誤差が、許容できる範囲内にあるかどうかを判定する。ここで許容範囲内にあると判定された場合には以後調整は行なわず、調整を終了する。しかし許容範囲を越えていると判定された場合には、以後の調整作業を行なう。

【0006】即ち、ステップST3で式1に基いて、調整機構に必要な調整量ベクトル  $d L_k$  を算出する。式1においてBは感度マトリクスであり、例えば行方向に調整機構の調整量を表わし、列方向に反射鏡面の形状の変化量を表わして、反射鏡面1各部での両者の関係をマトリクス状に記述したものである。

## 【0007】

... (1)

## 【0011】

【課題を解決するための手段】この発明に係る反射鏡の形状調整方法は、形状調整機構を実際に動かした調整量と形状測定手段で計測した鏡面形状の変化量に基いてマトリクスの値を修正しながら、繰り返し鏡面形状を調節するようにしたこしたものである。

## 【0012】

【作用】この発明における反射鏡の形状調整方法は、形状調整機構を実際に動かした調整量と鏡面形状の実際の変化量との関係を測定した結果に基いて、マトリクスの値を修正する。これにより、あらかじめ求められていたマトリクスの値が実際のものと異なる、即ち誤差を持っている状態であっても、その誤差を修正して次の回の調整に進む。このため、より誤差の少ない調整量を算出できるので、よりすみやかに鏡面形状を調整でき、鏡面誤差ベクトルが許容範囲内に納まらないような事態になるのを未然に防いだりすることができる。

## 【0013】

## 【実施例】

実施例1. 以下、この発明の一実施例を図について説明する。図1はこの発明の実施例1による反射鏡の形状調

整方法の工程を示すフローチャート、図2は実施例1に係る反射鏡の形状調整装置を示す構成図である。図において、8は制御手段、9は調整量算出手段、10は感度マトリクス修正手段である。従来のものと同一符号は同一、又は相当部分を示す。

【0014】まず、従来のものと同様、ステップST1において、反射鏡面1の現在の実際の形状を形状測定手段7で測定する。調整量算出手段9ではこの測定値と理想形状とを比較して、鏡面誤差ベクトルZkを求める。次にステップST2で、算出された鏡面誤差が、許容できる範囲内にあるかどうかを判定する。ここで許容範囲内にあると判定された場合には以後調整は行なわず、調整終了とする。しかし許容範囲を越えていると判定した場合には、以後の調整作業を行なう。

【0015】ステップST5で、1回目、即ちk=1の調整であるかどうかを判断し、1回目の調整であれば、

$$\Delta B_{k-1} = (d L_{k-1} - B_{k-1} * (Z_k - Z_{k-1})) * (Z_k - Z_{k-1}^T) \\ / \{ (Z_k - Z_{k-1})^T * (Z_k - Z_{k-1}) \} \dots (2)$$

【0018】次にステップST7において、この感度マトリクスの修正値 $\Delta B_{k-1}$ を用いて感度マトリクスBk-1を次式3のように感度マトリクス修正手段10により

$$B_k = B_{k-1} + \Delta B_{k-1}$$

【0020】この修正された感度マトリクスBkを用いて、2回目以降の調整過程におけるステップST3を実施する。即ち調整量算出手段9で調整量dLkを算出し、これに基いてステップST4において形状調整機構4を調整して、反射鏡1の鏡面を調整する。以後、ステップST1からの手順を同様に繰り返す。

$$d L_{k-1} = B_k * (Z_k - Z_{k-1})$$

【0023】即ち、k-1回目の形状調整機構4の調整量dLk-1と、それに伴って変化した鏡面形状の変化量 $(Z_k - Z_{k-1})$ の関係は、修正された感度マトリクスBkにより、正確に記述されることになる。

【0024】このように、反射鏡1の鏡面形状の変化量と調整機構の調整量との関係を表わす感度マトリクスの値Bを、形状測定手段7によって測定した反射鏡1の鏡面形状の変化量と、実際に形状調整機構4で行なった調整の結果に適合するように修正しながら繰り返し調整を進めるので、あらかじめ算出されていた感度マトリクスBの初期値に誤差があったとしても、それを修正するこ

$$B_k = B_{k-1} + \alpha \Delta B_{k-1}$$

【0027】また、この発明の反射鏡の形状調整方法を実現する装置は、図2に示すものに限るものではなく、例えば、人間がオフラインで計算し、形状調整機構を調整しても良い。

【0028】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、反射鏡の鏡面形状を調節する複数の形状調整機構、及び鏡面形状の変化量を測定する形状測定手段を備え、形状調整機構の調整量と鏡面形状の変化量との関係を表わすマ

従来例と同様にステップST3で感度マトリクスB1を用いて調整量dL1を算出する。ここで、感度マトリクスの初期値B1はあらかじめ解析により求められているものである。制御手段8を介して、算出された調整量dL1に従ってステップST4で形状調整機構4の調整を行なった後、2回目以降の測定に移る。この手順は従来例と同一である。

【0016】ステップST5で2回目以降と判断された場合の調整過程においては、まずステップST6において、前回の形状調整機構4の調整量dLk-1と、それによって生じた鏡面変化量の計測値 $Z_k - Z_{k-1}$ を用いて、感度マトリクスの修正値 $\Delta B_{k-1}$ を求める。この感度マトリクスの修正値 $\Delta B_{k-1}$ は次式2によって求められる。式2においてTは転置を表わす。

【0017】

$$\Delta B_{k-1} = (d L_{k-1} - B_{k-1} * (Z_k - Z_{k-1})) * (Z_k - Z_{k-1}^T) \\ / \{ (Z_k - Z_{k-1})^T * (Z_k - Z_{k-1}) \} \dots (2)$$

修正する。

【0019】

$$\dots (3)$$

【0021】実施例1において式2に基づく感度マトリクスの修正が有効であることは、以下のように説明できる。式2の両辺に $(Z_k - Z_{k-1})$ をかけると、式4が得られる。

【0022】

$$\dots (4)$$

とができ、所望の鏡面精度を得るまでに必要な調整回数を少なくすることができる。従って、鏡面調整に要する時間や労力、コストを削減することができるようになる。また、感度マトリクスの初期値を算出するための解析を簡略化することができるので、調整を実施するための準備時間や労力を削減することができる。

【0025】また、感度マトリクスBを修正するときの計算は、式3に限るものではなく、感度マトリクス $\Delta B_{k-1}$ に重みを設けて式5のように計算してもよい。ここで、 $\alpha$ は例えれば0.5~2.0程度の数である。

【0026】

$$\dots (5)$$

リクスの値に応じて鏡面形状を調整するものにおいて、形状調整機構を実際に動かした調整量と形状測定手段で計測した鏡面形状の変化量に基いてマトリクスの値を修正しながら、繰り返し鏡面形状を調節するようにしたので、あらかじめ算出されていたマトリクスの初期値に誤差があったとしても、それを修正することができ、信頼性の高い反射鏡の形状調整方法が得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1による反射鏡の形状調整方

法の工程を示すフローチャートである。

【図2】この発明の実施例1の反射鏡の形状調整方法に係る反射鏡の形状調整装置を示す構成図である。

【図3】従来の反射鏡の形状調整方法の工程を示すフローチャートである。

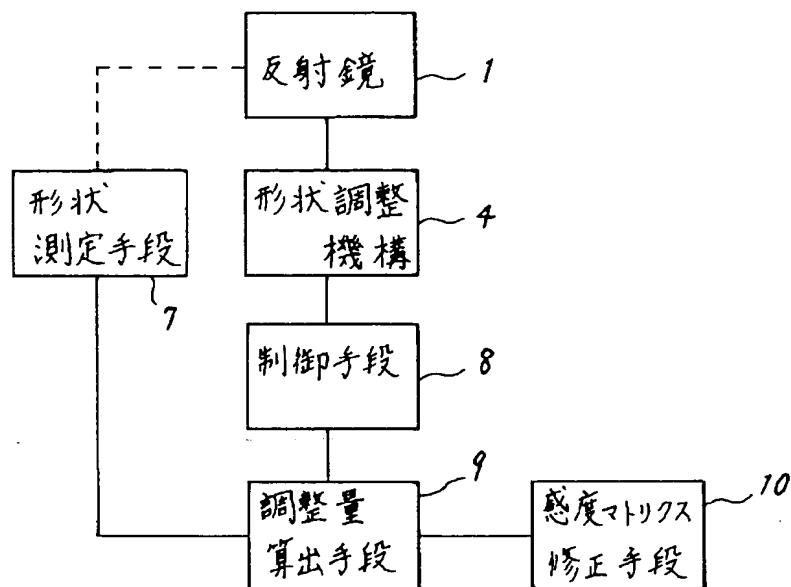
【図4】従来の反射鏡の調整方法が適用される反射鏡を有するアンテナを示す上面図である。

【図5】図4のV-V線断面図である。

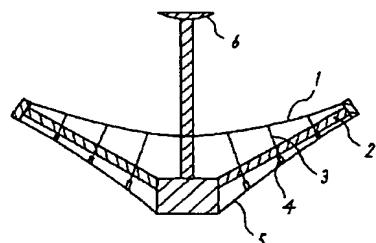
#### 【符号の説明】

- 1 反射鏡面
- 4 形状調整機構
- 7 形状測定手段
- 8 制御手段
- 9 調整量算出手段
- 10 感度マトリクス修正手段

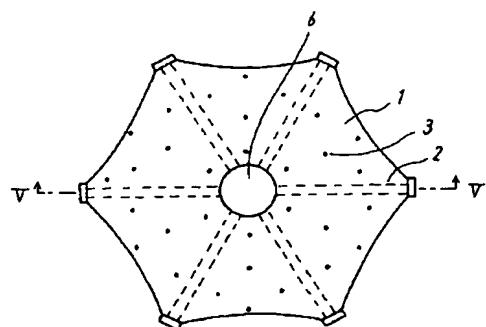
【図2】



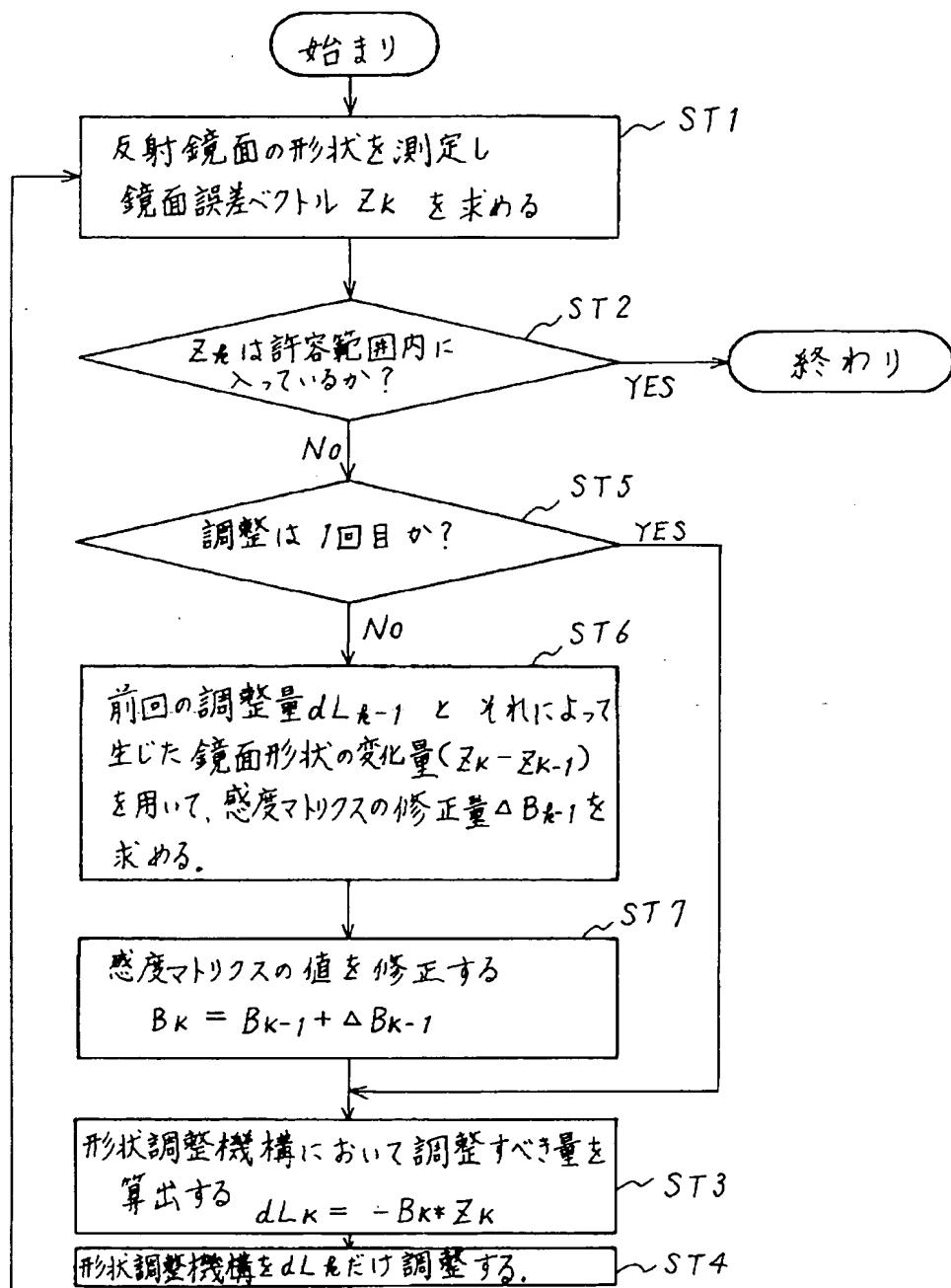
【図5】



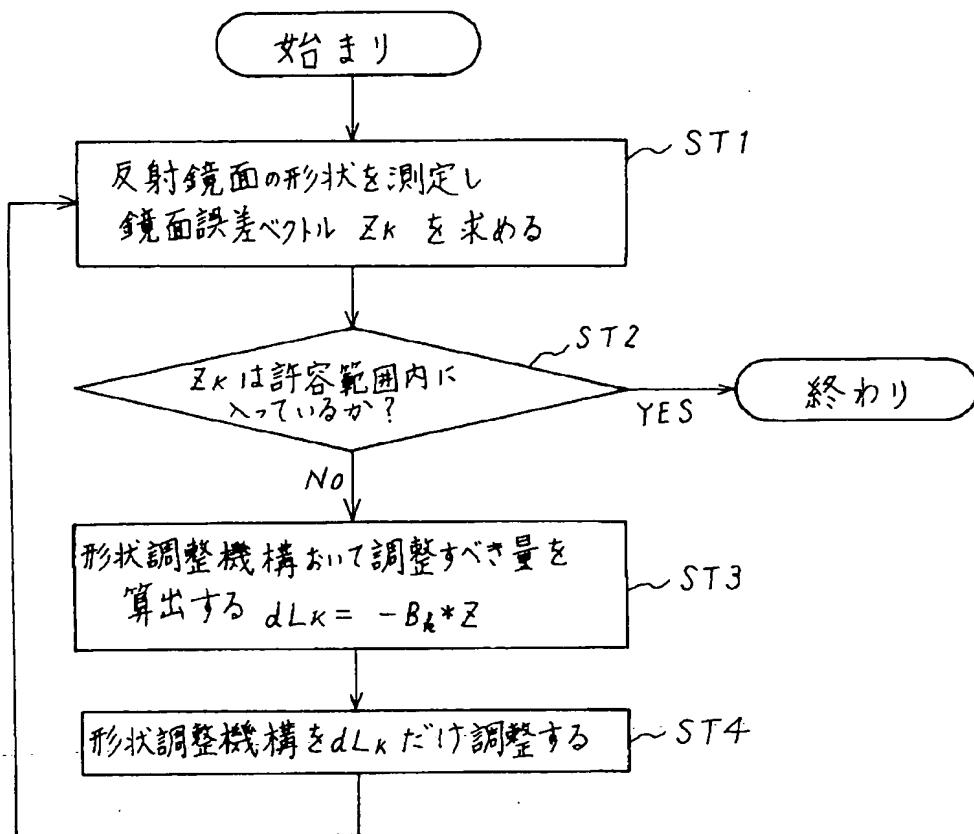
【図4】



【図1】



【図3】



## 【手続補正書】

【提出日】平成4年2月14日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0006】即ち、ステップST3で式1に基いて、  
調整機構に必要な調整量ベクトル  $dLk$  を算出する。式  
1において  $B$  は感度マトリクスであり、例えば行方向に  
調整機構の部位を表わし、列方向に反射鏡面の各点にお  
 $dLk = -B_k * Z_k$

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明に係る反射鏡の

ける形状の変化量を表わして、反射鏡面1各部での調整  
機構の調整量と、鏡面各点における形状の変化量との関  
係をマトリクス状に記述したものである。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0007】

... (1)

形状調整方法は、形状調整機構を実際に動かした調整量  
と形状測定手段で計測した鏡面形状の変化量に基づいてマ  
トリクスの値を修正しながら、繰り返し鏡面形状を調節  
するようにしたものである。

## 【手続補正4】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更  
【補正内容】

【図3】

